

De la nécessité d'humidifier les locaux

B. Primault

Résumé

Après un rapide aperçu des répercussions physiologiques de l'air sec sur l'organisme, l'auteur indique les propriétés physiques de l'air réchauffé. Il en conclut qu'une aération fréquente des locaux ne saurait y apporter l'humidité requise. Il calcule donc la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'y apporter artificiellement. Il passe enfin en revue les différents genres d'appareils du commerce et indique leur efficacité en se basant soit sur la littérature, soit sur des essais personnels.

Zusammenfassung

Nach einem kurzen Exkurs über die physiologischen Wirkungen trockener Luft auf den Organismus beschreibt der Autor die physikalischen Eigenschaften aufgeheizter Luft. Er kommt zum Schluß, daß häufiges Lüften nicht die erwünschte Feuchtigkeit bringt. Er berechnet die notwendige Wasserdampfmenge, die künstlich in den Raum gebracht werden muß. Schließlich vergleicht er die im Handel erhältlichen Befeuchter, wobei er sich teils auf Angaben in der Literatur, teils auf eigene Versuche stützt.

Depuis que le chauffage central se généralise dans les habitations modernes et, surtout, depuis le moment où le chauffage au moyen de radiateurs est de plus en plus remplacé par un chauffage par rayonnement, on entend toujours davantage de plaintes dans le public concernant la sécheresse de l'atmosphère dans les appartements et les bureaux.

1. Considérations physiologiques

On peut se demander s'il s'agit là simplement d'un phénomène psychologique ou si ces plaintes sont réellement fondées, du point de vue physiologique également.

On admet généralement que la limite inférieure du bien-être se situe à environ 45% d'humidité relative, c'est-à-dire qu'en-dessous de ce chiffre l'homme ne se sent plus à son aise (voir Grandjean [1962]). En outre, certains médecins ont fixé à 30% d'humidité relative la limite au-dessous de laquelle l'homme s'en ressent dans sa santé (cf. entre autres Lemaire et Benceny [1962] et Wenzel [1963], Svorad et Wellnerová [1959]). Sur quelles considérations physiologiques ces limites se basent-elles?

Afin que les échanges osmotiques vitaux puissent s'effectuer au niveau des poumons, c'est-à-dire le passage de l'oxygène de l'air inspiré aux globules rouges du sang ou le passage du gaz carbonique du sang à l'atmosphère, il est indispensable que l'air qui remplit les alvéoles pulmonaires soit saturé d'humidité. Dans le cas contraire, on assiste au dessèchement de la paroi de l'alvéole pulmonaire et à son durcissement, ce qui gêne, puis empêche les échanges gazeux (Lemaire [1958] et communication personnelle).

Dans ces conditions naturelles, cette saturation se fait dans le nez ou dans les arrières-fosses nasales. Le passage de l'air dans ces cavités est très rapide au cours de l'inspiration. Si l'atmosphère est très sèche, le temps durant lequel l'air s'y trouve est insuffisant pour en permettre la saturation.

On objectera que, dans la nature, on rencontre souvent des humidités très basses (air désertique ou atmosphère polaire). Dans ces deux cas, la nature elle-même agit sur le corps humain et suscite des réactions appropriées :

- si l'air est très sec et très chaud (cas du *désert*), tout l'organisme est en éveil et, le mécanisme de la thermorégulation devant agir contre une élévation trop grande de la température du corps, il en résulte automatiquement une plus grande activité des muqueuses du système respiratoire (Lemaire [1958]);
- dans le cas de l'air *arctique*, il doit être réchauffé, c'est-à-dire passer de la température extérieure à la température interne du corps et, de plus, être humidifié en conséquence. Vu le taux toujours très bas de l'humidité absolue, on ne constate pas d'accidents particuliers dus à un air plus sec (Renburn [1959]; Palev [1963]).

Dans les locaux chauffés, l'atmosphère est donc amenée à des conditions défavorables pour la muqueuse des voies respiratoires par suite du besoin d'évaporation accru sans stimulation thermique simultanée. De ce fait, nous assistons à un dessèchement des muqueuses, mais surtout des mucosités sécrétées : celles-ci s'épaississent de plus en plus et ne peuvent plus être expectorées normalement. Cette masse gluante offre des conditions excellentes au développement des microbes, mais surtout forme sur la muqueuse elle-même un écran isolant celle-ci de l'air extérieur et, par conséquent, diminue son pouvoir d'évaporation. Cette évaporation doit se faire toujours plus profondément dans l'organisme, c'est-à-dire non plus au niveau du nez et des arrières-fosses nasales, mais dans la trachée elle-même, voire dans les bronches et les bronchioles. Ce dessèchement est en outre favorable aux maladies infectieuses des voies respiratoires.

2. «Remèdes» pour parer à la présence d'air malsain

2.1. Aération fréquente

Pour parer à ces divers inconvénients, on propose fréquemment d'aérer plus souvent les pièces, afin d'y laisser entrer l'air extérieur et, ainsi, d'y apporter de

l'humidité. En effet, le public pense souvent que de l'air extérieur qui, physiologiquement, est parfaitement sain grâce à sa basse température et à son humidité relative élevée, sera à même d'augmenter le degré d'humidité à l'intérieur des pièces, car l'humidité relative extérieure atteint souvent 100%, c'est-à-dire la saturation. C'est le cas, en particulier, en période de brouillard.

Mais que se passe-t-il alors à l'intérieur des pièces?

Lorsqu'on laisse pénétrer une masse d'air de l'extérieur à l'intérieur d'une pièce, cet air a, en lui-même, une certaine teneur en vapeur d'eau que l'on appelle l'humidité absolue. Elle est exprimée en grammes par m³ d'air. La fenêtre refermée, cet air se réchauffe au contact des parois, des meubles et, surtout, des organes de chauffage (fourneau, radiateurs, plafond). En se réchauffant, l'air peut tenir en suspension une plus grande quantité d'humidité, c'est-à-dire que son humidité relative baisse, car l'humidité absolue de la masse d'air introduite ne change pas. Ainsi, par exemple, si nous prenons une masse d'air saturé, c'est-à-dire dont l'humidité relative est égale à 100% et dont la température est égale à 0°, que nous élevions cette température dans un local étanche et sans y ajouter de vapeur d'eau, nous constaterons une diminution de l'humidité relative, telle qu'elle est représentée à la fig. 1. Cette diminution est très rapide et nous voyons que la limite de 45% indiquée pour un air agré-

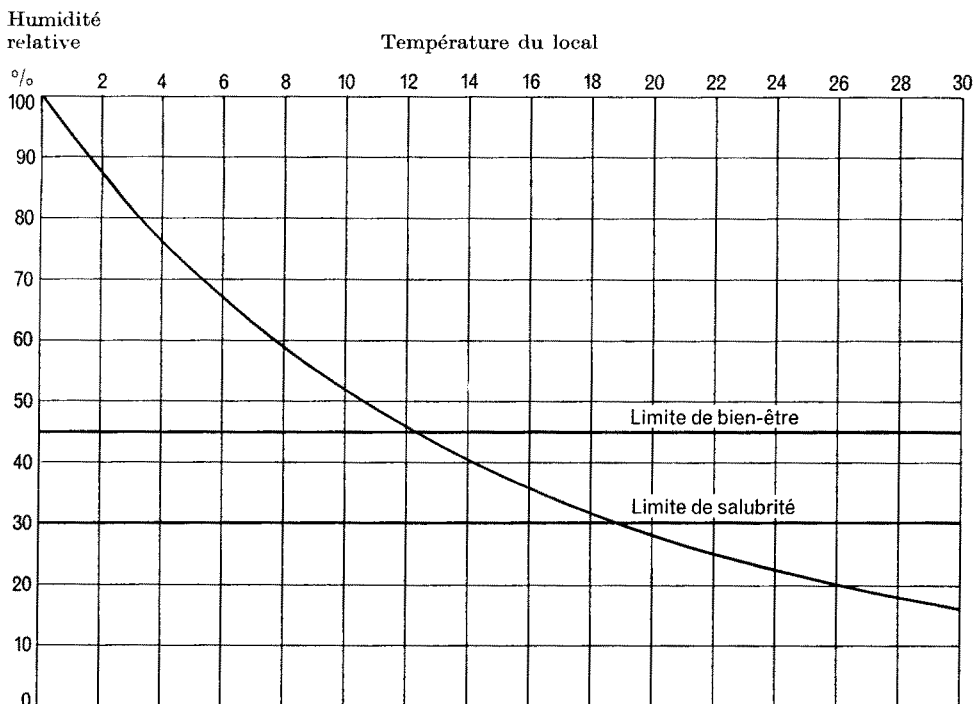


Fig. 1 Comportement de l'humidité relative lors du réchauffement d'une masse d'air saturée à 0°C

able est atteinte à un peu plus de 12° de température. Celle de 30%, soit le moment où cet air saturé devient malsain pour l'organisme, est atteinte à 19° déjà. Par conséquent, on peut dire que l'aération d'une pièce par de l'air, même saturé, à 0° en dehors des bâtiments est inutile sitôt que la température intérieure dépasse 19°. On ne devrait même pas, dans ce cas, dépasser 12° C. Comme, dans la plupart des locaux, la limite de 19° est atteinte ou dépassée, on a, dans ce cas particulier, en général de l'air malsain. Si on veut remédier à cet état de choses, il ne suffit donc pas d'aérer, car même par des aérations fréquentes on n'augmentera pas l'humidité de l'air. Il faut apporter de l'eau sous forme liquide ou sous forme de vapeur à l'intérieur même des locaux chauffés.

2.2. Mode de chauffage approprié

On peut se demander pourquoi, dans le public, on admet généralement que le chauffage central est défavorable à la santé et que les nouveaux systèmes de chauffage par rayonnement du plafond sont encore plus défavorables que l'usage désormais classique des radiateurs. Des mesures faites dans des locaux chauffés normalement par des procédés différents ont montré (Grandjean et Rhiner [1963] et mesures personnelles) que :

a) dans le cas de fourneaux (à bois ou à charbon), la température ne s'élève qu'à 15–18° C, parfois même moins. Comme, sous nos latitudes et en plaine, les points de rosée sont souvent supérieurs à 0° C, on constate que l'on se trouve situé dans une région de la courbe (fig. 1) où, normalement, la limite de l'air agréable n'est pas franchie;

b) dans le cas de locaux chauffés au moyen de radiateurs, on a mesuré des températures oscillant entre 18 et 20° C, et que les humidités relatives étaient comprises entre 45 et 30%. Nous sommes dans une zone où l'air nous semble déjà sec, mais sans que la limite de salubrité soit franchie;

c) dans le cas de locaux chauffés par rayonnement du plafond, enfin, les températures dépassaient partout 20° C pour atteindre certaines fois même 23° C. Nous avons en outre partout des humidités relatives inférieures à 30%, c'est-à-dire que la limite de salubrité était dépassée.

Pourtant, dans ces 3 cas, à savoir que l'on ait affaire à des locaux chauffés au moyen de fourneaux, de radiateurs ou de chauffage central par rayonnement du plafond, nous avons toujours trouvé à peu près la même humidité absolue (gr. vapeur d'eau par m³ d'air) et cette humidité absolue mesurée à l'intérieur des locaux correspondait à celle existant à l'extérieur.

Il est donc faux de croire que certains modes de chauffage sont moins salubres que d'autres. Il s'agit uniquement des possibilités qu'offrent certains d'entre eux d'atteindre des températures très élevées à l'intérieur des locaux habités. Plus la température est élevée, plus l'air est insalubre, *quel que soit le procédé de chauffage utilisé*. Pour parer à cet inconvénient, il faut ajouter à l'air

intérieur d'autant plus de vapeur d'eau que la température est élevée. On pourra ainsi obtenir une atmosphère salubre, voire très agréable à respirer, quel que soit le mode de chauffage utilisé.

3. Quantités d'eau à apporter pour rendre l'air sain et agréable

3.1. Raisonnement physique et considérations générales

Nous avons vu plus haut que la définition de l'humidité d'une masse d'air dépend aussi bien de sa température que de la quantité de vapeur d'eau que cette masse tient en suspension. Afin de simplifier, nous ne parlerons plus de température ou d'humidité, mais uniquement du point de rosée. Le point de rosée est la température à laquelle il faut abaisser une masse d'air pour obtenir sa

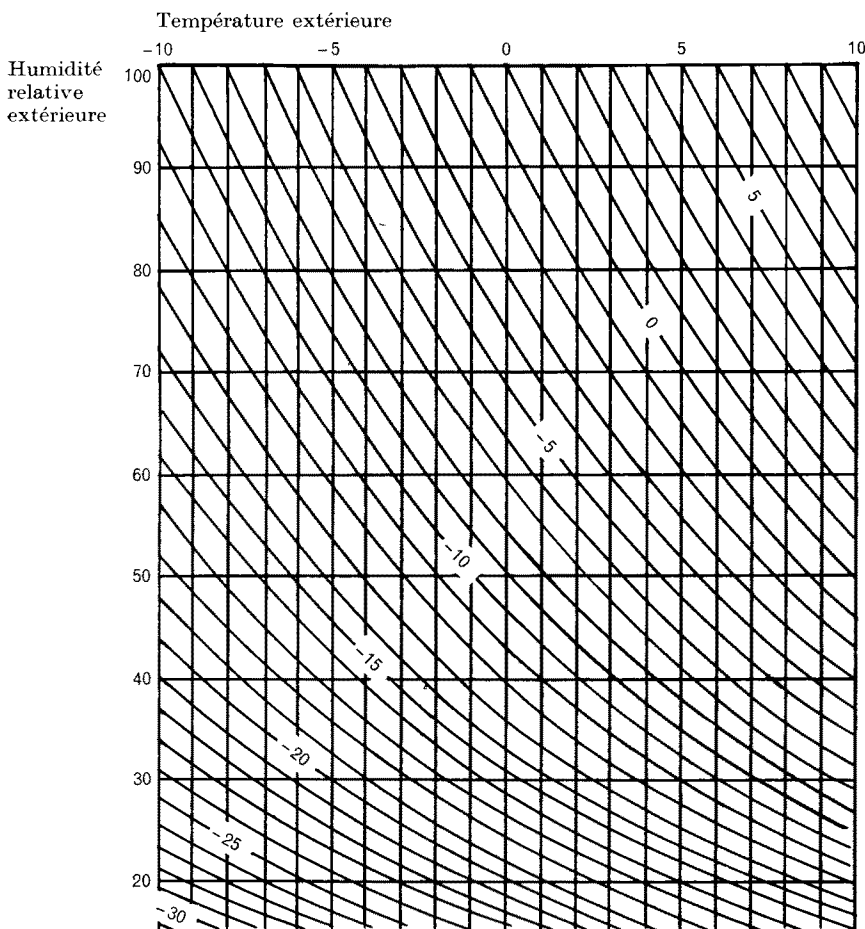


Fig. 2 Calcul de la température du point de rosée.
Les courbes et les chiffres en diagonale se rapportent aux points de rosée.

saturation en vapeur d'eau. Si donc l'air est saturé à 0° (comme dans l'exemple cité sous 2.1.), nous aurons un point de rosée de 0° . Par conséquent, plus le point de rosée est élevé, plus la quantité de vapeur d'eau en suspension dans la masse d'air est élevée et moins il sera nécessaire d'humidifier les locaux pour obtenir une atmosphère saine, voire même agréable (voir fig. 2). La quantité d'eau indispensable pour franchir, à une température intérieure donnée, la limite des 45% d'humidité relative dépend, d'une part, du point de rosée de la masse extérieure et, d'autre part, du volume de la pièce. Pour simplifier, nous avons calculé le nombre de grammes d'eau nécessaires pour amener 1 m^3 d'air à 45% d'humidité relative et cela en fonction du point de rosée de la masse extérieure et de la température régnant à l'intérieur du local (voir fig. 3). On constate dans cette figure que les quantités d'eau à introduire dans la masse d'air – c'est-à-dire à évaporer à l'intérieur des locaux – peuvent être très importantes selon le point de rosée de la masse extérieure.

Une fois connue la quantité d'eau à apporter dans une pièce, un second problème se pose: celui de savoir combien de fois par jour il est indispensable de l'y introduire.

Disons d'emblée qu'après chaque aération, il faut renouveler *totale*ment la quantité d'eau prévue, car, avec l'échange de masses d'air entre l'extérieur et l'intérieur, l'air humide et chaud quitte la pièce pour être remplacé par de l'air frais, c'est-à-dire de l'air beaucoup plus sec (humidité absolue).

La seule considération du renouvellement des masses d'air n'est valable que si les locaux étaient parfaitement étanches, ce qui, dans la pratique, ne se rencontre jamais. Il faut donc tenir compte des phénomènes d'échange au travers des interstices des portes et des fenêtres. On admet généralement que le volume de l'air contenu dans une pièce est ainsi renouvelé 0,8 fois en une heure dans un immeuble neuf, c'est-à-dire où l'étanchéité est bonne. Avec l'âge, les cadres de fenêtres et le chambranle des portes travaillent et les interstices se font plus grands. Ainsi, le taux d'échange augmente et, au bout de 5 à 10 ans, le renouvellement naturel de l'air se fait jusqu'à 2 fois en une heure.

Dans une pièce habitée ou un bureau, l'ouverture fréquente de la porte multiplie ces échanges. Ce sont donc de très grandes quantités d'eau qu'il faut apporter.

3.2. Exemple

Admettons une chambre de grandeur moyenne de 5,25 m de long, de 3,25 m de large et de 2,93 m de haut, c'est-à-dire de 50 m^3 de volume. Si, comme dans notre premier exemple, le point de rosée extérieur est de 0° C , il nous faudra, pour y maintenir les 45% d'humidité relative admis comme limite du bien-être, y faire évaporer 195 grammes d'eau après chaque aération (50 m^3 à 3.9 g/m^3 , selon fig. 3). Si l'immeuble est neuf, donc bien étanche, il sera en outre

nécessaire d'y faire évaporer 156 g ($195 \times 0,8$) à l'heure afin de maintenir cette humidité. Si l'immeuble est ancien, c'est-à-dire moins étanche, il faudra au contraire apporter 390 g (195×2) de vapeur d'eau à l'heure pour ce seul maintien. Ainsi, si nous admettons qu'il s'agit d'un bureau aéré complètement 2 fois par jour et devant présenter des conditions de confort de 8 h à 18 h dans un immeuble de vétusté moyenne, il nous faut prévoir un apport de 3120 g par jour ou plus de 3 litres. Quant aux échanges d'air dus à l'ouverture plus ou moins fréquente de la porte, ils viendront accroître encore ce chiffre.

Nombre de grammes
d'eau à ajouter
par m^3
du local

Température du local

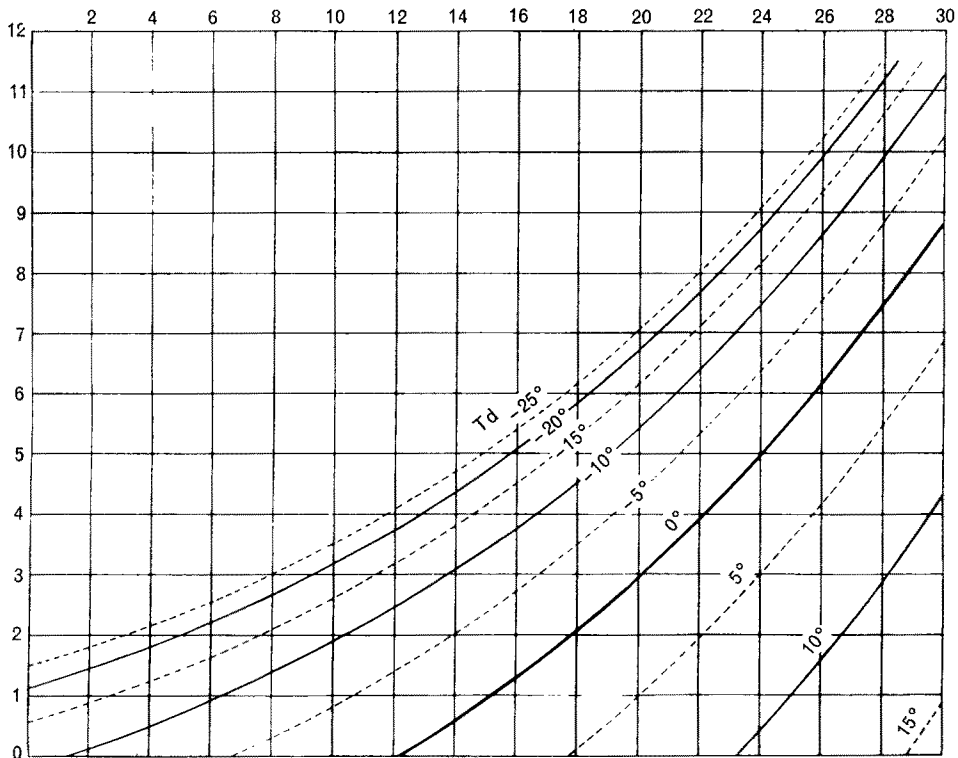


Fig. 3 Quantité d'eau nécessaire pour atteindre la limite de bien-être de 45% d'humidité relative. Cas de locaux parfaitement étanches. (Td = Température du point de rosée)

Pour une chambre de séjour dont le volume dépasse généralement $50 m^3$, qui est aérée plus souvent et habitée plus de 10 heures par jour, les quantités d'eau à apporter dans des conditions d'air extérieur identiques seront d'autant plus importantes.

4. Comment réaliser cet apport supplémentaire d'eau?

Nous avons vu plus haut que l'aération des locaux ne saurait y réaliser une humidité satisfaisante en hiver. Il est donc indispensable d'y introduire des quantités importantes d'eau par un procédé artificiel. Passons-en quelques-uns en revue, tout en indiquant leur pouvoir évaporant :

4.1. Appareils électriques

4.1.1. *Appareils mécaniques projetant des gouttelettes d'eau dans l'atmosphère*

Dans le cas de chauffage par rayonnement, il est impossible de placer des surfaces évaporantes sur des radiateurs. Il faut donc recourir à des systèmes plus compliqués, c'est-à-dire à des appareils qui projettent directement de l'eau en fines gouttelettes dans l'air. Selon les recherches faites par Deuber [1964], de tels appareils sont capables d'évaporer de 130 à 540 g d'eau à l'heure. Comme, dans une pièce normale, 200 à 400 g sont nécessaires après chaque aération pour amener le degré hygrométrique de l'air à 45%, de tels appareils ne sont nullement surdimensionnés pour les besoins domestiques.

4.1.2. *Appareils distribuant de la vapeur d'eau*

Pour éviter un refroidissement dû à l'évaporation, on peut chauffer l'eau au préalable. C'est alors de l'air plus ou moins chaud mêlé de vapeur d'eau qui est injecté dans le local. Egalement selon Deuber [1964], les appareils de ce genre qu'il a examinés ont un pouvoir évaporant légèrement inférieur, soit de 53 à 360 g/h, ce qui est un minimum pour les besoins courants.

4.2. Appareils statiques

4.2.1. *Appareils d'évaporation au moyen de buvards placés le long des radiateurs*

Ces appareils ont une efficacité extrêmement minime, même si l'on augmente la surface d'évaporation. Cette surface étant placée parallèlement au courant ascendant d'air chaud dans le radiateur, elle n'est que peu touchée par ce courant. Il se forme donc sur les parties extérieures (tournées vers la chambre) un coussin d'air humide stable. Du côté interne (tourné vers le radiateur), un coussin semblable se forme également et il n'est que peu modifié par le courant d'air chaud. L'inefficacité de tels appareils a été démontrée de façon probante par Grandjean et Rhiner [1964].

4.2.2. *Appareils placés sur les radiateurs*

Certains des appareils du commerce se placent sur les radiateurs eux-mêmes. D'autres sont en forme d'équerre, montant d'abord parallèlement, puis recourbés au-dessus du radiateur. Ces deux types devraient avoir une efficacité plus importante, car leur surface évaporante – ou du moins une partie de celle-ci – se trouve directement dans le courant ascendant d'air chaud, c'est-à-dire qu'il ne peut pas se former de coussin d'air humide ou saturé ni d'un côté, ni de l'autre de la surface évaporante.

Nous avons examiné personnellement trois types d'appareils d'évaporation se trouvant dans le commerce, afin de nous faire une idée de leur efficacité.

Vu la disposition des radiateurs dans les locaux dont nous disposions, nous n'avons pu examiner que des évaporateurs crochés devant les corps de chauffe, mais recourbés par-dessus le radiateur.

Les essais ont duré du 1er octobre 1952 au 31 mars 1953. Vu l'occupation des bureaux, il ne nous fut pas possible d'avoir continuellement les trois appareils en service; un seul le fut en permanence.

Nous avons examiné un Casana 4 de 50 cm, un appareil Krüger de 1 m de long (Krüger 1) et un appareil Krüger forme 3 de 75 cm (Krüger 2).

4. 2. 2. 1. Constatations préliminaires

- a) L'évaporation des trois appareils est régulière et ne dépend que très peu de la température et de l'humidité extérieures, c'est-à-dire de l'intensité du chauffage;
- b) La quantité d'eau évaporée baisse avec le temps dans les trois cas;
- c) Les buvards servant de surface d'évaporation se calcifièrent après 40 jours environ pour les appareils Krüger 1 et 2 et après 55 jours pour le Casana 4, ce qui se traduit par une diminution sensible des quantités d'eau évaporées, et, partant, de l'efficacité. A la fin de la période d'essai, le buvard n'était mouillé que sur 5 cm environ au-dessus du niveau de l'eau du réservoir. (Notons cependant que, depuis, les maisons fabriquant ces appareils ont fait de gros efforts pour éliminer ce défaut dans la mesure du possible);
- d) L'atmosphère accuse une moiteur désagréable dès que le degré hygrométrique dépasse 50% dans un local chauffé (cette dernière constatation est cependant très subjective).

4. 2. 2. 2. Résultats numériques

La publication intégrale des quantités évaporées dépasserait le cadre de ce mémoire. Aussi nous bornerons-nous à la transcription de quelques valeurs globales (Tab. 1):

Appareil	Surface d'évaporation cm ²	Durée j	totales g	Quantités évaporées par jour et par		
				g	cm ² de surf. évapor. g	m ³ du local g
Casana 4	2000	182	80 336	441,40	0,2207	8,83
Krüger 1	5280	89	72 825	818,25	0,1550	16,37
Krüger 2	3528	75	62 215	829,53	0,2351	16,59

Tableau 1 *Comparaison des quantités d'eau évaporées*

Nous voyons que les quantités évaporées par l'appareil Krüger 1 sont bien inférieures à l'unité de surface à celles du Casana et du Krüger 2. Pour éliminer la cause d'erreur mentionnée sous 4. 2. 2. 1. lit. c (calcification de la membrane et,

par conséquent, diminution de l'efficacité), nous avons procédé aux calculs pour les 75 premiers jours d'utilisation (Tab. 2):

Appareil	Quantités évaporées		
	totales g	par jour g	par jour et cm ² de surface évaporante g
Casana 4	45 605	608,07	0,3040
Krüger 1	67 375	898,33	0,1701
Krüger 2	62 215	829,53	0,2351

Tableau 2 *Comparaison des quantités évaporées durant les 75 premiers jours*

Nous constatons ici que la quantité évaporée par le Casana 4 à l'unité de surface est supérieure à celle du Krüger 2, ce qui prouve que la calcification abaisse le niveau d'évaporation et que ce défaut se fait de plus en plus sentir à mesure que l'utilisation est plus prolongée.

Afin de suivre les effets de la calcification des membranes sur l'évaporation, nous avons calculé la moyenne des 18 premières périodes de 5 jours et cela par g/cm²/j et reporté les valeurs ainsi obtenues à la figure 4.

La constatation faite sous 4.2.2.1. lit. c se trouve ici confirmée, c'est-à-dire que l'évaporation diminue fortement sitôt que les pores du buvard sont obstrués par le calcaire, ce qui intervient de façon sensible après 40 jours environ pour les membranes utilisées par Krüger et 55 jours pour celles du Casana.

Comme ces périodes ne correspondent pas aux mêmes dates pour les 3 appareils, nous les avons synchronisées à la Fig. 5. Là aussi, nous voyons apparaître l'effet néfaste de la calcification des membranes. Cette calcification est en outre démontrée par le fort dégagement de gaz carbonique lorsqu'on verse de l'acide chlorhydrique sur le haut de la membrane, dégagement inexistant si l'on effectue la même opération sur la partie du buvard plongeant dans le réservoir.

Bien que nous ayons travaillé à des dates différentes, la figure 4 se trouve donc confirmée et illustre de façon frappante le défaut principal de ces évaporateurs. (Des essais faits dans des conditions différentes avec un évaporateur horizontal Casana 2 ont montré également une calcification rapide de la membrane. Cependant, vu la petite hauteur de succion, l'appareil fonctionnait parfaitement, tandis qu'il en fut autrement dans le cas étudié ici.)

4.2.2.3. Efficacité

Parallèlement à la mesure des quantités d'eau évaporées, nous avons mesuré l'humidité régnant dans chacun des bureaux équipés d'un évaporateur, ainsi que dans un bureau-témoin. Toutes ces salles ont un volume de 50 m³ et sont chauffées de façon identique. Nous avons veillé à ce que l'aération y soit partout la même.

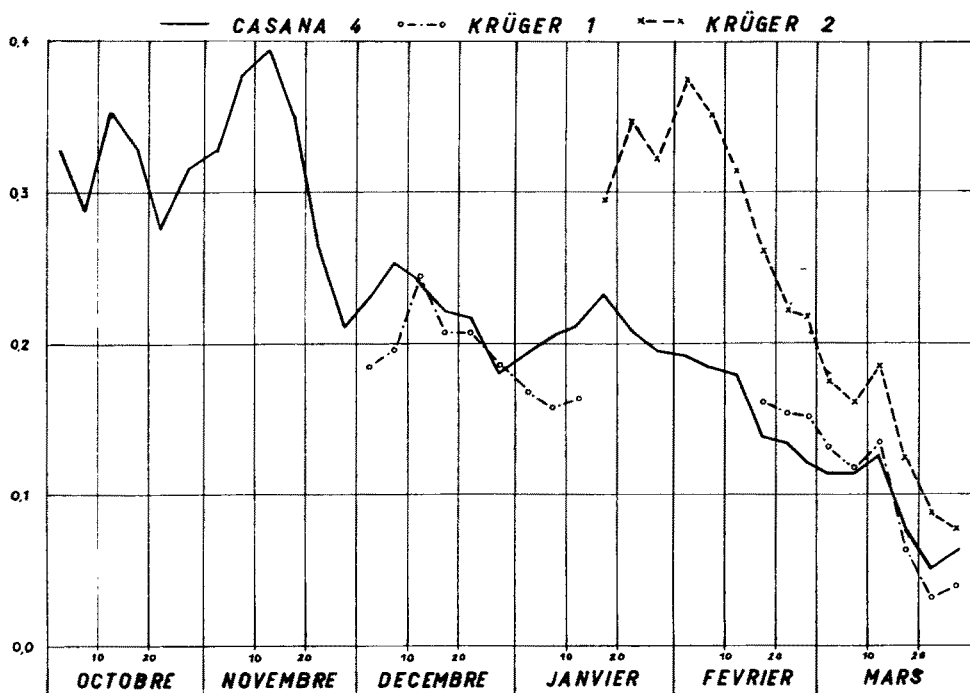


Fig. 4 Quantités d'eau évaporées au cours de la période d'essais (moyennes de 5 jours) en grammes par cm² par 24 heures

Nous donnons ci-après le résultat de ces mesures (Tab. 3).

Date	Bureau témoin Hum. %	Casana 4		Krüger 1		Krüger 2	
		Hum. %	Diff. %	Hum. %	Diff. %	Hum. %	Diff. %
17.10.52	40	52	+12	-	-	-	-
15.12.52	28	41	+13	51	+23	-	-
14. 1.53	25	35	+10	47	+22	-	-
30. 1.53	28	38	+10	-	-	54	+26
16. 2.53	26	30	+4	-	-	39	+13
2. 3.53	27	35	+8	39	+12	37	+10
16. 3.53	28	34	+6	35	+7	34	+6
1. 4.53	33	38	+5	40	+7	39	+6

Tableau 3 Comparaison des humidités

Nous pouvons constater ici également l'effet néfaste de la calcification de la membrane, car la différence entre bureaux avec et sans humidificateur, relativement importante au début, tombe rapidement.

4.2.2.4. Apport d'eau total

Si nous avons partout réduit les chiffres obtenus à l'unité de surface évapo-

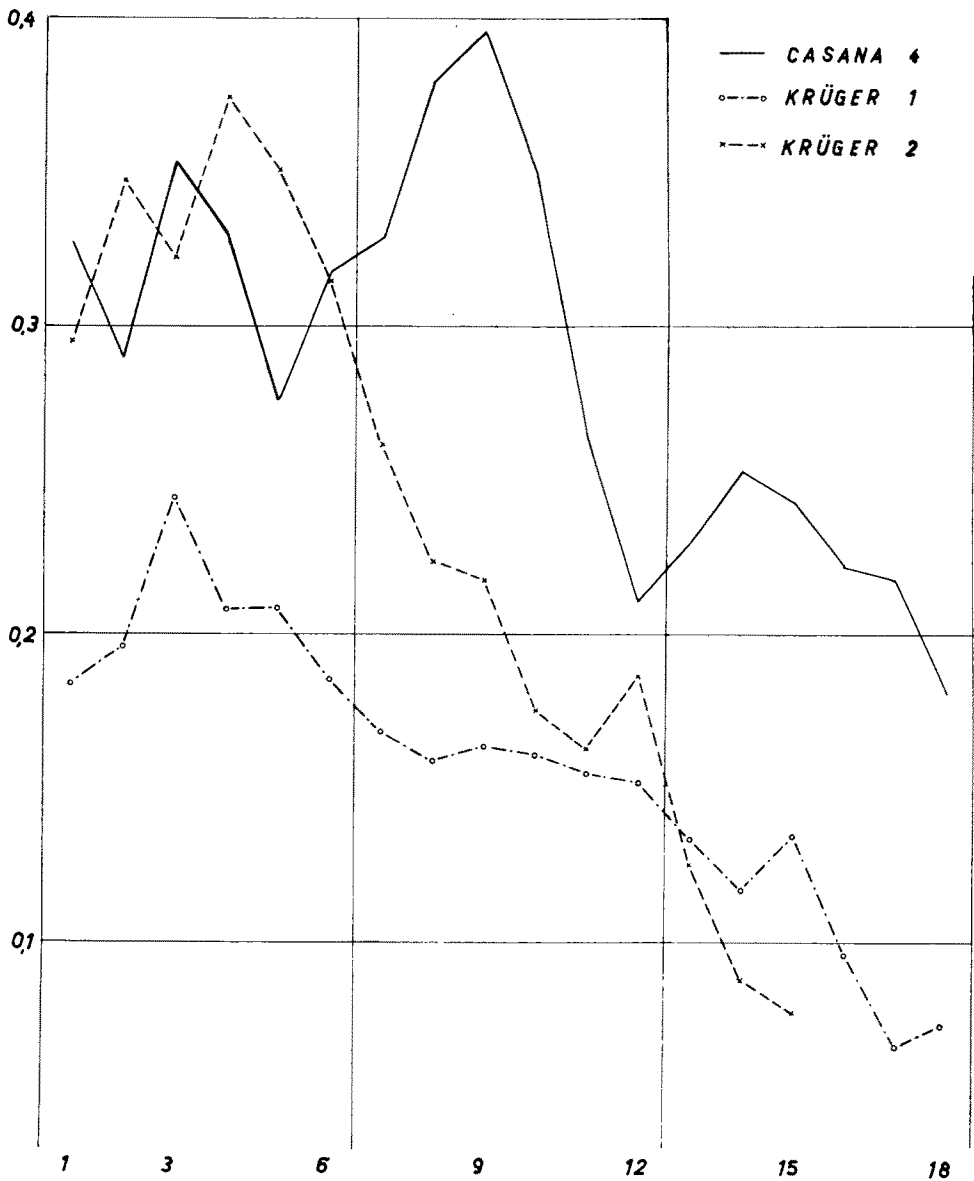


Fig. 5 Quantités d'eau évaporées en grammes par cm^2 par 24 heures. (18 premières périodes de 5 jours)

rante, c'est pour tenir compte impartialement de la grandeur des appareils utilisés (cf. tab. 1, col. 1). On voit par là qu'il serait théoriquement possible d'arriver à évaporer des quantités d'eau telles qu'elles sont mentionnées dans notre exemple (cf. 3.2. ci-dessus). Pourtant, il faudrait alors recouvrir complètement les radiateurs par du buvard évaporant. Même dans ces conditions, il n'est

pas certain que les conditions minimales d'évaporation soient atteintes, surtout dans des immeubles vétustes.

5. Conclusions

Les recherches entreprises par différents auteurs démontrent clairement qu'il est indispensable d'humidifier les locaux chauffés si l'on veut que le personnel et les familles qui y vivent restent en bonne santé.

Mais cette humidification dépend de la composition de l'air extérieur (humidité et température ou point de rosée) et de la température devant régner à l'intérieur du local. Les calculs présentés montrent que les quantités d'eau à évaporer se situent entre 3 et 10 litres par jour et par local.

Seuls des appareils puissants peuvent apporter à l'atmosphère de telles quantités d'eau. La seule utilisation du mouvement ascendant de l'air chaud au-dessus des corps de chauffe (fourneaux ou radiateurs) ne peut suffire dans les cas pratiques en raison de l'extension que prennent alors les surfaces évaporantes indispensables. Une source d'énergie supplémentaire est nécessaire pour ventiler les surfaces évaporantes pour fabriquer de la vapeur d'eau, pour projeter l'eau sous forme liquide dans un fort courant d'air ou pour la combinaison de plusieurs de ces phénomènes. Les essais effectués avec des appareils du commerce ont montré que les plus efficaces sont ceux qui projettent de l'eau en fines gouttelettes dans un courant d'air. D'après ces chiffres, ils sont seuls à même de fournir à l'atmosphère des quantités suffisantes d'eau.

Leurs défauts (poussière de calcaire, aspersion des alentours, etc.) ne sont peut-être que temporaires. Ils sont en tous cas le tribut que nous devons payer à notre conception moderne du « confort ». Si nos aïeux n'avaient pas de tels problèmes à résoudre, c'est qu'ils acceptaient de vivre à des températures beaucoup plus basses et cela l'hiver durant.

Bibliographie

- Deuber A.*: Prüfung von elektrischen Haushalt-Luftbefeuchtern. Zeitschrift für Präventivmedizin, Band 9, Heft 5, 1964, S. 274-282.
- Grandjean E.*: Die Luftfeuchtigkeit. Zeitschrift für Präventivmedizin, Band 7, Heft 5, 1962, S. 405-418.
- Grandjean E. und Rhiner A.*: Die Luftfeuchtigkeit und ihre Auswirkung auf die Behaglichkeit in Wohn- und Büroräumen. Gesundheits-Ingenieur, 84. Jahrgang, Heft 12, 1963, S. 362-364.
- Grandjean E. und Rhiner A.*: Die Wirksamkeit von Luftbefeuchtern. Archiv für Hygiene und Bakteriologie. Band 148, Heft 3, 1964, S. 200-205.
- Lemaire R.*: Influence du climat tropical sur le comportement physiologique de l'homme. International Journal of Bioclimatology and Biometeorology, Vol. II, 1958, Part IV, Section A4, 25 p.
- Lemaire R. et Benceny C.*: Effets de l'humidité absolue sur la courbe pondérale du rat blanc. Biometeorology, Pergamon Press, Oxford 1952, p. 327-329.
- Paleev N. R.*: The Influence of the Central Arctic and Antarctic Climate on the Human Body. Conférence tenue au 3ème Congrès de la Société Internationale de Biométéorologie, Pau 1963.
- Renburn E. T.*: A Contribution to the Physiology of Damp Cold on Aspect of Temperate Climate.

International Journal of Bioclimatology and Biometeorology, Vol. III, 1959, Part IV, Section A4, 21 p.

Svorad D. and Wellnerová J.: Temperature and Air Humidity as Factors Influencing Sleep and Wakefulness. International Journal of Bioclimatology and Biometeorology, Vol. III, 1959, Part IV, Section B2, 4 p.

Wenzel H. G.: Der Einfluß verschiedener Kombinationen von Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit auf einige physiologische Reaktionen des Menschen bei körperlicher Arbeit. Conférence tenue au 3ème Congrès de la Société Internationale de Biométéorologie, Pau 1963.

Adresse de l'auteur: *B. Primault*, Dr. Ing. Institut suisse de Météorologie, ISM, Krähbühlstraße 58, 8044 Zürich.

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich
Direktor: Prof. Dr. med. E. Grandjean

Das Raumklima in der Schule

Etienne Grandjean

Zusammenfassung

Auf Grund der heutigen Kenntnisse können folgende physiologische Forderungen an das Raumklima in Schulen gestellt werden:

1. Im Winter sollen sich die Temperaturen der Luft zwischen 20 und 22° C bewegen.

2. Die relative Feuchtigkeit sollte sich zwischen 40 und 50% bewegen; Werte unter 30% führen zu Austrocknungerscheinungen in den Atemwegen.

3. Die Durchschnittstemperatur der Umschließungsflächen sollte von der gleichen Größenordnung sein wie die Lufttemperatur. Abweichungen von mehr als 2° C sollten vermieden werden.

4. Die Schulzimmer sollten so bemessen werden, daß pro Schüler eine genügende Luftreserve bleibt. Pro Schüler (inkl. Lehrer) wird ein Rauminhalt von 8 m³ vorgeschlagen. Bei dieser Dimensionierung würde ein vierfacher Luftwechsel pro Stunde eine Frischluftzufuhr von 30 m³ pro Person und Stunde gewährleisten, was mit einer Querlüftung gesichert werden könnte.

Résumé

Sur la base des connaissances actuelles on peut formuler les exigences physiologiques suivantes au climat des salles d'école:

1. Les températures de l'air doivent se situer entre 20 et 22 degrés en hiver.

2. L'humidité relative doit atteindre 40 à 50%; des valeurs inférieures à 30% provoquent des symptômes de dessèchement dans les voies respiratoires.

3. La température moyenne des surfaces environnantes doit être du même ordre de grandeur que la température de l'air. Des déviations de plus de 2 degrés sont à éviter.

4. Les dimensions des salles d'école doivent assurer à chaque élève une réserve d'air suffisante. Il faut prévoir un volume de 8 m³ par personne (y compris l'instituteur). Sur la base de ce calcul, on obtient un renouvellement de l'air (4 fois par heure) de 30 m³ par personne et par heure. Ce renouvellement devrait s'effectuer par une aération transversale.